

Faglig kontakt under eksamen:
Professor Arne Brataas
Telefon: 73593647

Eksamen i TFY4170 Fysikk 2

12. august 2004
9:00–14:00

Tillatte hjelpemidler: Alternativ C

Godkjent lommekalkulator.

K. Rottman: *Matematisk formelsamling*

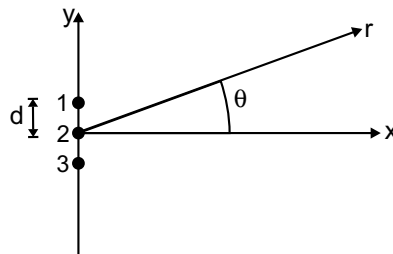
Barnett and Cronin: *Mathematical formulae*

Sensur faller 19. august

Dette oppgavesettet er på 3 sider.

Oppgave 1. Interferens

Tre høytalere (1, 2 og 3) står langs en rett linje (y -retningen) på en åpen plass med en lik innbyrdes avstand $d = 1.0\text{m}$ mellom dem. De sender alle ut lydbølger som fordeler seg likt i alle retninger. Hver enkelt høyttaler sender imidlertid ut en forskjellig total-effekt som er henholdsvis $P_1 = (1/16)\text{W}$, $P_2 = 1\text{W}$ og $P_3 = 16\text{W}$. Vi kan regulere fasen til hver enkelt lydkilde (høyttaler) og disse er ϕ_1 , ϕ_2 , og ϕ_3 . Frekvensen er $f = 440\text{Hz}$ og lydhastigheten i luften er $v = 340\text{m/s}$.



- a) Hvor stor intensitet vil en observere i en avstand $r = 100\text{m}$ når bare høyttaler nummer 2 er slått på ?

Angi også lydstyrken (i desibel) i forhold til nedre hørselsgrense som er $I_0 = 10^{-12}\text{Wm}^{-2}$.

- b) I denne og de etterfølgende del-oppgavene c) og d) antar vi at alle høyttalerne er slått på.

Utleid hvordan intensiteten $I(\theta)$ vil variere med vinkelen θ (vinkelen mellom normalen til linjen som forbinder høyttalerne og observasjonsretningen) når en detektor blir flyttet på en sirkel med radius $r = 100\text{m}$ rundt høyttalerne.

Finn resultatet når fasene til hver høyttaler er henholdsvis $\phi_1 = \phi_2 = \phi_3 = \pi/2$. Hvor mange maksima og minima blir det, og hva er retningene til disse ?

- c) Vi plasserer en detektor i punktet $r = 100\text{m}$ og $\theta = 0$. Bestem fasene ϕ_1 , ϕ_2 og ϕ_3 slik at intensiteten i dette punktet blir størst mulig.
- d) Vi setter fasene til høyttaler 1 og høyttaler 3 lik null, $\phi_1 = \phi_3 = 0$, men lar fasen til den midterste høyttaler variere i tid, $\phi_2 = \omega \cdot t$, der ω er en vinkel-frekvens vi kan variere. Hvilken intensitet vil en detektor observere i punktet $r = 50\text{m}$ og $\theta = 0$?

Oppgave 2. Elektromagnetiske bølger

Maxwells' ligninger for det elektriske feltet, $\vec{E}(\vec{r}, t)$, og det magnetisk feltet, $\vec{B}(\vec{r}, t)$, i posisjonen $\vec{r}$ ved tiden t i tomt rom er

$$\begin{aligned}\vec{\nabla} \cdot \vec{E} &= 0, \\ \vec{\nabla} \cdot \vec{B} &= 0, \\ \vec{\nabla} \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \\ \vec{\nabla} \times \vec{B} &= \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t},\end{aligned}$$

der ε_0 er dielektrisitetskonstanten og μ_0 er den magnetiske permeabiliteten i vakuum.

- a) Bruk Maxwell's ligninger til å vise at det elektriske feltet og det magnetiske feltet er løsninger av bølgeligningene

$$\begin{aligned}\vec{\nabla}^2 \vec{B} &= \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} \vec{B}, \\ \vec{\nabla}^2 \vec{E} &= \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} \vec{E}.\end{aligned}$$

Bestem også bølgehastigheten til en elektromagnetisk bølge uttrykt ved dielektrisitetskonstanten og den magnetiske permeabiliteten.

- b) Vi ser på en elektromagnetisk planbølge som er bestemt ved det elektriske feltet

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t + \varphi),$$

der $\vec{E}_0$ er amplituden, $\vec{k}$ er bølgevektoren, $\vec{r}$ er posisjonen, ω er vinkelfrekvensen, t er tiden og φ er en fasekonstant. Diskuter hvordan

1. forholdet mellom amplituden og bølgevektoren er
2. forholdet mellom bølgevektoren og vinkelfrekvensen er
3. hva slags polarisering denne elektromagnetiske bølgen har.

- c) For den samme elektromagnetiske bølgen som i b) kan det magnetiske feltet beskrives ved

$$\vec{B}(\vec{r}, t) = \vec{B}_0 \cos(\vec{k}_B \cdot \vec{r} - \omega_B t + \varphi_B).$$

Bestem hvordan $\vec{B}_0$, $\vec{k}_B$, ω_B og φ_B kan uttrykkes ved $\vec{E}_0$, $\vec{k}$, ω og φ .

Oppgave 3. Materialfysikk

- a) Beskriv *kort og presist* hva som menes med degenerasjon.

Vi antar at vi har et kvantesystem som er beskrevet av tre kvante-tall, n_1 , n_2 og n_3 , der $n_1 = 1, 2, 3, \dots$, $n_2 = 1, 2, 3, \dots$ og $n_3 = 1, 2, 3, \dots$ (Se bort fra eventuelle spinnfrihetsgrader). Egenenergien er gitt ved

$$E_{n_1, n_2, n_3} = E_0 (n_1^2 + n_2^2 + n_3^2), \quad (1)$$

der E_0 er en system-avhengig konstant.

Anta at det befinner seg 6 partikler i systemet. Beskriv hvordan grunntilstanden til 6-partikkel-systemet ser ut når temperaturen er ved det absolutte nullpunkt, $T = 0$ når partiklene er henholdsvis fermioner og bosoner.

Hva blir total-energien for dette 6-partikkel systemet når partiklene er henholdsvis fermioner og bosoner?

- b) Ett elektron er beskrevet ved den stasjonære tilstanden

$$\psi(x) = \left(\frac{\pi}{a}\right)^{1/4} \exp - \left(\frac{a}{2}(x-b)^2\right) \quad (2)$$

der a og b er to konstanter. Bestem forventningsverdien til posisjonen og impulsen til elektronet.

- c) Frie elektroner i metaller blir beskrevet som elektroner i en tre-dimensjonal kube med lengde L og elektron-tetthet N . Hva menes med Fermi-energien til systemet? Uttrykk Fermi-energien ved elektronets masse og elektron-tettheten.
- d) Gi *kort og presist* greie for normal metall, halvledere, ferromagneter og superledere.